

Tecnologia auditiva assistiva em usuários de implante coclear em ambientes reverberantes com múltiplas fontes de ruído

Assistive listening technology in cochlear implant users in reverberant environments with multiple noise sources

Agustina Echegoyen¹ , Maria Valeria Schmidt Goffi-Gomez¹ , Robinson Koji Tsuji¹ 

RESUMO

Objetivo: Avaliar a contribuição da tecnologia de escuta assistida em usuários de implante coclear (IC) em situações de reverberação e ruído. **Métodos:** Estudo transversal prospectivo aprovado pelo Comitê de Ética Institucional (CAAE 8 3031418.4.0000.0068). Foram selecionados adolescentes e adultos usuários de IC com surdez pré ou pós-lingual. Para usuários bilaterais, cada orelha foi avaliada separadamente. O reconhecimento de fala foi avaliado por meio de listas gravadas de palavras dissílabas apresentadas a 65 dBA a 0° azimute com e sem o Mini Microfone2 (Cochlear™) conectado ao processador de fala Nucleus®6. A reverberação da sala foi medida como 550 ms. Para avaliar a contribuição do dispositivo de escuta assistida (DEA) em ambiente reverberante, o reconhecimento de fala foi avaliado no silêncio. Para avaliar a contribuição do DEA em reverberação e ruído, o reconhecimento de fala foi apresentado a 0° azimute com o ruído proveniente de 8 alto-falantes dispostos simetricamente a 2 metros de distância do centro com ruído de múltiplos falantes usando relação sinal-ruído de +10dB. Para evitar viés de aprendizado ou fadiga, a ordem dos testes foi randomizada. A comparação das médias foi analisada pelo teste t para amostras pareadas, adotando-se nível de significância de $p < 0,005$. **Resultados:** Dezesete pacientes com idade média de 40 anos foram convidados e concordaram em participar, sendo 2 participantes bilaterais, totalizando 19 orelhas. Houve contribuição positiva significativa do Mini Mic2 na reverberação e ruído+reverberação ($p < 0,001$). **Conclusão:** DEA foi capaz de melhorar o reconhecimento de fala de usuários de IC tanto em situações de reverberação quanto ruidosas.

Palavras-chave: Surdez; Implante coclear; Reconhecimento de fala; Tecnologia assistiva; Reverberação; Acústica dos ambientes; Ruído

ABSTRACT

Purpose: This study aimed to evaluate the contribution of assistive listening technology with wireless connectivity in cochlear implant (CI) users in reverberating and noise situations. **Methods:** Prospective cross-sectional study approved by the Institutional Ethics Committee (CAAE 8 3031418.4.0000.0068). Adolescents and adults CI users with pre- or post-lingual deafness were selected. For bilateral users, each ear was assessed separately. Speech recognition was assessed using recorded lists of disyllabic words presented at 65 dBA at 0° azimuth with and without the Wireless Mini Microphone 2 (Cochlear™) connected to the Nucleus®6 speech processor. Room reverberation was measured as 550 ms. To assess the contribution of the assistive listening device (ALD) in a reverberating environment, speech recognition was assessed in quiet. To assess the contribution of the ALD in reverberation and noise, speech recognition was presented at 0° azimuth along with the noise coming from 8 loudspeakers symmetrically arranged 2 meters away from the center with multi-talker babble noise using signal to noise ratio of +10dB. To avoid learning bias or fatigue, the order of the tests was randomized. Comparison of means was analyzed by t test for paired samples, adopting significance level of $p < 0.005$. **Results:** Seventeen patients with a mean age of 40 years were invited and agreed to participate, with 2 bilateral participants, totaling 19 ears assessed. There was a significant positive contribution from the Mini Mic2 in reverberation, and noise+reverberation ($p < 0.001$). **Conclusion:** ALD was able to improve speech recognition of CI users in both reverberation and noisy situations.

Keywords: Hearing loss; Cochlear implantation; Speech perception; Assistive technology; Reverberation; Room acoustics; Noise

Trabalho realizado no Grupo de Implante Coclear, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

¹Divisão de Clínica Otorrinolaringológica, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: MVSGG concebeu a ideia e desenho da pesquisa de acordo com AE e RKT; AE realizou a coleta de dados e revisão da literatura e preparou o manuscrito; MVSGG e AE analisaram e interpretaram os dados. Todos os autores ajudaram na redação do manuscrito, aprovaram a versão final do manuscrito e são responsáveis por todos os aspectos do trabalho.

Financiamento: CAPES para bolsa mestrado envolvido no estudo, Código de Financiamento 001.

Autor correspondente: Maria Valeria Schmidt Goffi-Gomez. E-mail: goffigomez@uol.com.br

Recebido: Março 29, 2023; **Aceito:** Novembro 01, 2023

INTRODUÇÃO

A deficiência auditiva é um problema significativo e prevalente na população, que afeta a personalidade e a vida social do paciente, podendo causar isolamento e reclusão⁽¹⁾.

O implante coclear (IC) é atualmente o tratamento de escolha para surdez severa a profunda. Em pacientes adequadamente selecionados, o IC possibilita uma boa audição, facilitando a comunicação geral e o desenvolvimento normal da linguagem em crianças com surdez congênita⁽²⁻⁵⁾.

Embora o implante coclear ofereça a oportunidade de reconhecimento de fala no silêncio, em ambientes acústicos complexos e no mundo real, a compreensão da fala continua sendo um desafio⁽⁶⁻¹⁰⁾. Nessas situações, a presença de reverberação e ruído de fundo pode causar deterioração significativa na compreensão de uma conversa.

A literatura também tem estudado os desafios enfrentados pelos indivíduos com perda auditiva em situações de reverberação tanto em AASI quanto em usuários de IC^(10,11).

A reverberação é uma fonte comum de degradação acústica cotidiana. Refere-se ao som que persiste em um espaço através da reflexão contínua contra as características do ambiente, mesmo após o término da fonte sonora. Essas reflexões contínuas, produzidas por reflexões iniciais (ou diretas) e tardias, degradam a transmissão das informações da fala ao distorcerem as informações espectrais e temporais, tanto no nível fonêmico quanto nas palavras⁽¹⁰⁾. As reflexões tardias tendem a preencher lacunas no envelope temporal da fala e reduzir modulações de envelope de baixa frequência, que são importantes para a inteligibilidade da fala.

Ao contrário da reverberação, o ruído mascara consoantes de energia mais fraca em maior grau do que vogais de energia acústica mais alta. Uma pesquisa⁽⁹⁾ concluiu que os efeitos combinados de reverberação e ruído são mais prejudiciais à inteligibilidade da fala do que os efeitos apenas de reverberação ou apenas de ruído.

Nos últimos anos, propõe-se o uso de sistemas de microfone remoto sem fio para melhorar a audição em situações auditivas desafiadoras⁽¹²⁾. Esses sistemas consistem em um microfone localizado próximo aos lábios do locutor, que capta o som da fala para transformá-lo em uma onda elétrica e transmitir o som. enviar um sinal diretamente para um receptor no aparelho auditivo do usuário por meio de uma transmissão digital de radiofrequência (RF) semelhante aos sistemas de frequência modulada (FM). Ao capturar o sinal na fonte ou próximo a ela, a relação sinal-ruído (SNR) na orelha do ouvinte é aumentada e consequentemente os efeitos negativos do ruído ambiente, bem como da distância e reverberação serão reduzidos⁽¹³⁻¹⁵⁾.

Microfones remotos para conectividade sem fio baseados na banda de frequência de 2,4 GHz podem oferecer transmissão de sinal mais clara e estável, uma vez que frequências mais baixas podem penetrar mais facilmente em objetos sólidos⁽¹⁶⁾. O grupo GN Resound compartilhou a tecnologia com a Cochlear Ltd. Este equipamento é compatível com processadores de som tanto para aparelhos auditivos implantáveis quanto para implantes cocleares. A literatura⁽¹²⁾ mostrou aumento significativo no reconhecimento de fala no silêncio e no ruído, tanto para usuários de IC unilateral quanto bilateral, sempre que o microfone com conectividade sem fio foi utilizado.

Embora a literatura já tenha investigado a influência do ruído e da reverberação em usuários de IC em ambientes auditivos desafiadores simulados e a contribuição das tecnologias assistivas este estudo teve como objetivo avaliar se há contribuição dos

sistemas de conectividade sem fio para o reconhecimento de fala em situações de reverberação natural e no ruído de múltiplas fontes em usuários de implante coclear.

MÉTODOS

Estudo transversal prospectivo aprovado pelo Comitê de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa da Instituição sob protocolo número CAAE.8303141840000068.

Adolescentes ou adultos com surdez pré ou pós-lingual de grau severo a profundo que receberam implante coclear em nosso Grupo de IC foram selecionados e convidados a participar após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os critérios de inclusão incluíram usuários do sistema Nucleus (Cochlear Ltd., Austrália) com reconhecimento de fala igual ou melhor que 50% no silêncio, independente do tempo de uso do implante coclear. Foram excluídos da amostra os indivíduos que apresentavam dificuldades cognitivas declaradas ou diagnosticadas ou dificuldades de mobilidade que impedissem a colaboração nos procedimentos envolvidos no estudo.

Para garantir a homogeneidade da avaliação e segurança na operação, foi utilizado para a pesquisa o mesmo processador de fala Nucleus 6® (CP910), compatível com o MM2 (Mini Mic 2®), independente do processador utilizado pelo paciente. Da mesma forma, para garantir um funcionamento estável e adequado, o mesmo dispositivo MM2 conectado via 2,4 GHz ao processador CP 910 foi utilizado em todas as avaliações. Apesar das avaliações terem sido realizadas no processador de pesquisa específico, todos os mapas com as configurações e parâmetros de programação em uso pelo paciente foram mantidos, convertidos e transferidos do seu processador para o processador de pesquisa. A proporção de mixagem entre o MM2 e o microfone processador foi mantida em 2:1 para todos os pacientes. A proporção de mixagem 2:1 prioriza a entrada do MM2, reduzindo a audibilidade dos sons que entram diretamente pelo microfone do Processador CP910, numa proporção de 60% pelo MM2 e 40% pelo microfone do processador. O volume do processador de fala e do MM2 foi mantido em todas as avaliações.

O reconhecimento de fala no silêncio e no ruído foi investigado em adultos com surdez pré ou pós-lingual, usuários de implante coclear unilateral ou bilateral com e sem uso do microfone remoto de tecnologia assistiva sem fio Mini Mic 2® Cochlear™ (Sydney, Austrália) posicionado a 20 cm do alto falante (Figura 1). Foram utilizadas quatro diferentes listas gravadas de 25 palavras dissilábicas psicometricamente balanceadas apresentadas por voz masculina⁽¹⁷⁾.

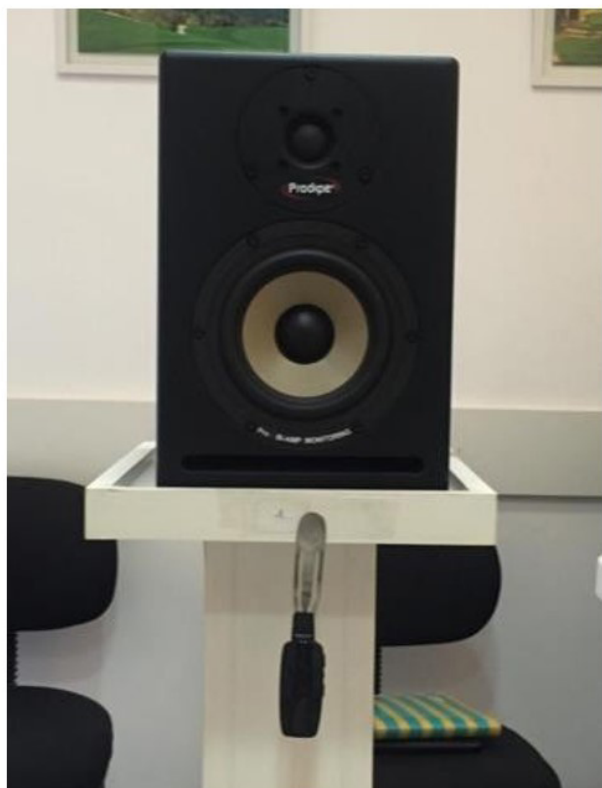
As dimensões da sala de testes foram 3,70 m x 3,98 m de comprimento x 2,10 m de altura. O nível de ruído de fundo na sala foi de 31 dB LeqA (Quadro 1).

Para verificar a contribuição do aparelho em ambiente com reverberação, o reconhecimento de fala foi avaliado no silêncio com e sem o dispositivo de conectividade sem fio (Mini Mic®), em sala silenciosa com reverberação (RT60) medida em 419 ms para palavras faladas por uma voz masculina e 429 ms como média para materiais de fala (Figura 1).

Para verificar a contribuição do MM2 no ruído e na reverberação, foi avaliado o reconhecimento de fala apresentando balbúcio de sete fontes separadas por 45° com relação sinal-ruído (SNR) de + 10dB, e fala apresentada a 65dB NPS. Para evitar viés de aprendizagem ou fadiga durante a avaliação, a ordem dos testes foi randomizada pelo website Research Randomizer⁽¹⁸⁾.

Quadro 1. Ambiente de teste: dimensões da sala e instrumentação (Laboratório de habilidades auditivas binaurais - LHAB)

Dimensões da sala		largura: 3,70 m x comprimento: 3,98 m x altura: 2,10 m
Dados do Sistema	Computador: 2x2,4GHz 6-Core intel processor, Xeon; Memory 12GB, 1333MHz DDR3. 3.2; Sistema operacional: Apple OSX version 10.8.5. 3.3; Aplicativo (controle de audio): Reaper, v4.52/64 v. 749c96. sep 5 2013. 3.4 Audio Interface: M-Audio Pro Fire 610, 24 Bit/192 kHz (NS: 20RR51431066); M-Audio Pro Fire 2626, 24 Bit/192 kHz (NS: 204A150C23653)	
Parâmetros de ruído e reverberação	8 alto falantes distribuídos no plano horizontal com distância angular 45° com distância até o centro do arranjo (Raio) onde foi posicionado o paciente: 1,20m Nível de ruído ao centro da sala: 31,1, 39,8, 28,6 dB (LeqA) Reverberação medida a 0° azimuth, para material de fala com voz masculina a 70,4 dB = 312 ms para T30 e = 419 ms para T60.	

**Figura 1.** Posição do microfone a 20 cm do alto falante

Os percentuais de acertos de reconhecimento de fala nas situações de reverberação e reverberação + ruído, sem e com o uso do sistema de conectividade sem fio (Mini Mic) foram comparados por meio do teste de postos sinalizados de Wilcoxon.

RESULTADOS

Foram selecionados 17 pacientes com idade média de 40 anos, variando de 17 a 54 anos, que aceitaram participar da pesquisa, sendo 2 deles usuários de IC bilateral. Dos pacientes avaliados, 9 eram do sexo feminino e 8 do sexo masculino, implantados com diferentes dispositivos internos Cochlear™ CI N22, CI N 24, CI 24RE, CI 422 e processadores de fala CP 802, CP 810 e CP 910. As etiologias encontradas no estudo os participantes foram meningite, autoimune, trauma, ototoxicidade e pacientes com etiologia desconhecida (Tabela 1).

Tabela 1. Dados demográficos da amostra estudada

N	17
Idade (em anos) (min – max)	40,75 (17 – 54)
Sexo	
Feminino	9
Masculino	8
Tempo de uso do IC (em meses)	12 (7 – 16)
Lado do IC	
Esquerdo	10
Direito	7
Etiologia da surdez (N)	
Meningite	1
Desconhecida	9
Otoxicidade	1
Infecciosa (não meningite)	2
Trauma	3
Autoimune	1
Unidade interna	
CI N22	1
CI N24	6
CI 24RE	7
CI 422	3
Processador de fala em uso	
CP 810	6
CP 802	9
CP 910	2

A análise final contou com 19 avaliações, incluindo ambas as situações de teste (silêncio e ruído com e sem MM2).

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados do reconhecimento de fala nas situações de teste no silêncio (em ambiente com tempo de reverberação medido em 535 ms para 0° azimuth) e no ruído. Houve uma contribuição positiva significativa do Mini Mic2 em ambas as situações, silêncio e ruído.

Os pacientes recrutados com base no critério de inclusão de 50% de reconhecimento de sentenças em apresentação aberta em cabina acústica, quando avaliados no Laboratório de Habilidades Auditivas Binaural, apresentaram grande dificuldade no reconhecimento de fala em situação de silêncio (Lhab ruído de fundo = 31,1 dB LeqA) apenas com reverberação, mostrando um desempenho médio de 35% sem MM2.

Houve contribuição do MM2 para a melhoria do reconhecimento de fala em situações de reverberação isolada, aumentando o desempenho de 35% para 49% em média (Tabela 2). Também foi observada a contribuição do MM2 para a melhoria do reconhecimento de fala em situações de reverberação associada ao ruído, aumentando o desempenho de 26% para 52% em média (Tabela 3).

A Figura 2 mostra a variação de desempenho dos participantes; entretanto, todos apresentaram contribuição do uso do MM, tanto em situações de reverberação isolada quanto associada a ruído.

A Figura 3 mostra a diferença entre os desempenhos com e sem MM nas duas situações de teste, revelando que a contribuição do MM foi maior para situações de reverberação associada ao ruído.

Tabela 2. Contribuição do sistema de conectividade sem fio (MM2) para o reconhecimento de fala (%) em situação de reverberação isolada (silêncio) comparado pelo teste de Wilcoxon

	Silêncio sem MM2	Silêncio com MM2	p
N	19	19	
Média	34,73	50,76	0.0002
Desvio Padrão	17,9	18,5	
Erro padrão	4,1	4,2	
Intervalo de confiança (95%)	-21,5285 a -10,4715		

Legenda: MM2 = Mini microfone versão 2

Tabela 3. Contribuição do sistema de conectividade sem fio (MM2) para o reconhecimento de fala (%) em situação de ruído e reverberação (R) comparado pelo teste de Wilcoxon

	Ruído + R sem MM2	Ruído + R com MM2	p
N	19	19	
Média	25,89	51,79	0.0001
Desvio Padrão	15,90	20,76	
Erro padrão	3,50	4,10	
Intervalo de confiança (95%)	-33,9824 a -17,8071		

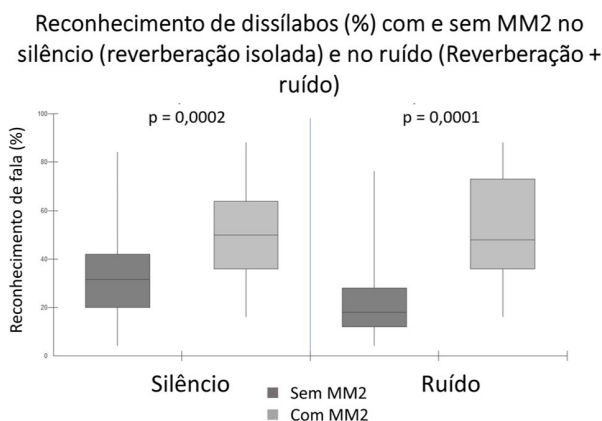


Figura 2. Box plot do reconhecimento de fala (%) com e sem o Mini Mic2 no silêncio com reverberação isolada, e com ruído e reverberação

Contribuição do MINI MIC2 representada pela diferença entre o reconhecimento de dissílabos com e sem MM2 (em %) no silêncio, com reverberação isolada e no ruído

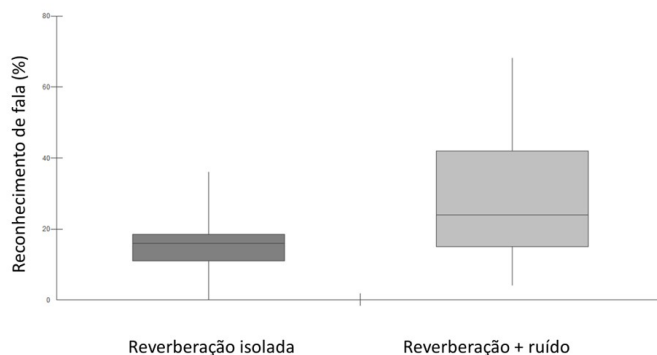


Figura 3. Diferença entre o reconhecimento de dissílabos com e sem o MINI MIC2 (em %) no silêncio (reverberação isolada) e associada ao ruído

DISCUSSÃO

O implante coclear é um dispositivo extraordinário que oferece a oportunidade de ouvir para quem o benefício com os aparelhos auditivos convencionais é pobre. Contudo, ainda não refletem as propriedades de todo o sistema auditivo natural. O implante coclear substitui a função das células sensoriais no desencadeamento do impulso para o nervo auditivo, porém, as demais funções do sistema auditivo periférico devem estar igualmente representadas. Algumas características do processador de fala têm como objetivo imitar eventos naturais que acontecem em ouvintes normais, como a contribuição do pavilhão auricular, dos músculos da orelha média no foco da atenção e na separação do ruído de fundo. Da mesma forma, o papel controlador das células ciliadas externas e do sistema olivo-coclear aparentemente tão eficaz em indivíduos com audição normal ainda não pôde ser representado no sinal do implante coclear⁽¹⁹⁾. Portanto, recursos externos como os oferecidos pelas tecnologias assistivas auditivas são necessários e importantes.

Várias pesquisas demonstraram as dificuldades apresentadas por usuários de IC em ambiente ruidoso e reverberante^(7,11,20). Vários estudos mostraram melhora considerável no reconhecimento de fala no ruído em usuários de IC que utilizam tecnologias assistivas auditivas em adultos e crianças em idade escolar, mas a contribuição em ambientes reverberantes naturais ainda não foi igualmente explorada^(12,15,16,21,22). As características do nível de ruído e das informações de reverberação relatadas no presente estudo estão alinhadas para projetar uma avaliação ecologicamente válida.

O presente estudo identificou a grande dificuldade dos usuários de implante coclear em situação reverberante, tendo em vista que, pelo critério de seleção da amostra, eles apresentavam 50% ou mais de reconhecimento de sentenças em apresentação aberta em cabine acústica. Na situação silenciosa da sala com 419 ms de reverberação para sons apresentados na caixa a 0° azimute com palavras emitidas por voz masculina, o desempenho médio foi de 35% sem MM. Esse fato confirma o relato da literatura⁽²³⁾ de que a avaliação audiológica clássica geralmente inclui medidas de inteligibilidade de fala, utilizando material com gravação de apenas um locutor e ruído fixo em ambientes controlados, no laboratório ou na clínica, mas não considera a complexidade do comunicação humana em contextos reais e dinâmicos. De fato, uma pesquisa⁽⁹⁾ estudou o efeito da coexistência de ruído e reverberação simulada na inteligibilidade de 11 implantes adultos e observaram que a inteligibilidade caiu de 87,36% (situação silenciosa) para 44,16% e 32,94% nas duas situações de reverberação: T60 = 0,6 s e T60 = 0,8 s respectivamente. A inclusão de ruído aos resultados de reverberação mostrou uma deterioração ainda maior, diminuindo o reconhecimento de fala em quase 80%. Da mesma forma, outra pesquisa⁽²⁰⁾ utilizou estímulos de fala corrompidos tanto por reflexões iniciais quanto por reflexões tardias para investigar os efeitos na inteligibilidade da fala em usuários de implante coclear. O desempenho médio da inteligibilidade da fala caiu de 90% na condição anecóica para cerca de 70% para RT60 = 0,3 s na condição reverberante. Na condição de reflexão tardia, os usuários de IC obtiveram pontuação aproximadamente 60% menor do que na condição anecóica.

O presente estudo demonstrou uma contribuição positiva significativa do Mini Mic 2 em ambas as situações, reverberação isolada (silêncio) e ruído associado à reverberação.

A situação de ruído no nosso laboratório de habilidades auditivas binaurais (Lhab), representada pelo ruído com fala (babble noise) proveniente de 7 alto-falantes dispostos ao redor do paciente, expõe um grande desafio auditivo, sendo que a maioria dos estudos apresenta 2, 3 ou 4 fontes de ruído^(12,21,24-26). Nesta situação foi a maior contribuição apresentada pela tecnologia assistiva, tendo em vista que o MM2 estava a 20 cm da saída da caixa apresentando as palavras-alvo do teste. Tanto em um ambiente em que a reverberação é controlada quanto em um ambiente reverberante natural, pudemos observar a deterioração significativa no reconhecimento de fala dos indivíduos usuários de IC.

Um grupo de pesquisadores holandeses⁽¹⁶⁾ avaliou os benefícios de um microfone remoto sem fio em usuários de implante coclear bimodal em 13 adultos com surdez pós-lingual em cabine acústica. Foi encontrada diferença no limiar de reconhecimento de fala no ruído de 5,4dB entre o uso do IC com MM e sem MM, e melhora adicional no limiar de reconhecimento de fala no ruído de 2,2dB com estimulação bimodal pareada ao MM.

A literatura⁽¹¹⁾ investigou o impacto da reverberação e da distância fonte-receptor na inteligibilidade da fala em ambientes silenciosos, em usuários de implante coclear, em diversos cenários auditivos. Os autores avaliaram os efeitos das reflexões precoces e tardias na inteligibilidade do CI, utilizando variações do tempo de reverberação e distância da fonte. Sete adultos com surdez de instalação pós-lingual participaram deste estudo realizado utilizando sistemas de reverberação virtual reproduzindo 3 ambientes com diferentes tempos de reverberação entre 0,3 e 1,7 s, e distância entre fonte e participante de 1 metro, 3 e 6 metros. Além disso, foi confirmado que os usuários de IC foram amplamente impactados pela distância fonte-receptor: quando o alto-falante foi simulado como estando a 1m de distância, a boa inteligibilidade foi mantida mesmo em salas com tempos de reverberação muito elevados (TR = 1,7 s). Porém, quando o alto-falante foi simulado a 3 m de distância, os indivíduos avaliados apresentaram boa inteligibilidade apenas em salas com tempos de reverberação moderados (TR entre 0,3 e 0,5 s).

Outro estudo da literatura⁽²⁷⁾ investigou a relação entre diversas variáveis que podem influenciar a inteligibilidade da fala em diferentes níveis de reverberação, abrangendo o grau da perda auditiva, idade, processamento temporal e capacidade de memória de trabalho. Participaram do estudo 33 idosos entre 59 e 88 anos com perda auditiva neurosensorial simétrica de graus variados. O processamento temporal foi medido pelo limiar de detecção de gap a partir de 20 ms. Foram utilizadas três variações de reverberação virtualmente simuladas, sem reverberação (0,0 s), reverberação moderada (1,0 s) e reverberação grave (4,0 s). As dimensões da sala acusticamente isolada foram fixadas em 5,7 m x 4,3 m x 2,6 m, e a distância da fonte ao participante foi de 1,4 m para representar uma distância típica de conversação. Na condição sem reverberação, a detecção de intervalo temporal foi o único fator associado ao reconhecimento de fala. Quando a fala foi degradada por reverberação moderada (1 s), tanto a idade quanto o grau da perda auditiva foram associados ao reconhecimento de fala. A memória de trabalho e a idade foram estatisticamente associadas ao reconhecimento de fala sob condições de reverberação intensa (4 s). Estas variáveis indicam que a inteligibilidade da fala pode ser substancialmente afetada pela reverberação, mas as características individuais influenciam de forma diferente dependendo das condições de reverberação.

O grupo da Fundação *Hearts for Hearing*⁽¹²⁾ realizou um estudo para avaliar o reconhecimento de fala no silêncio e em níveis crescentes de ruído em usuários de IC utilizando apenas o processador de som Nucleus 6 versus o processador de som Nucleus 6 e o microfone remoto Cochlear (Mini Mic). Participaram do estudo 16 adultos que apresentaram pelo menos 50% de reconhecimento de palavras monossilábicas no silêncio, utilizando o processador de fala Nucleus 6 (CP910), que possui antena de 2,4 GHz. O processador de som foi configurado para uma proporção de mixagem de áudio de 1:1, que é a configuração padrão do fabricante para adultos que utilizam a estratégia de pré-processamento de sinal para redução de ruído (autosensibilidade) em todas as condições de avaliação. O nível de apresentação das sentenças foi de 85 dBA no local Mini Mic Cochlear e 65 dBA no local do participante. O ruído foi apresentado em seis intensidades: 50, 55, 60, 65, 70 e 75 dBA. A intensidade do ruído foi idêntica no local do participante e no Mini Microfone Cochlear. A avaliação foi realizada em uma sala de 7,71m x 7,55m x 2,74m com ruído de fundo de 44 dBA. As sentenças foram apresentadas por alto-falantes localizados a 4 m do participante, a 0o azimute. O ruído mimetizando o ruído da sala de aula foi apresentado por quatro alto-falantes localizados aproximadamente a 30°, 135°, 225° e 330° azimute em relação ao participante. O reconhecimento de fala no silêncio e em todos os níveis de ruído, exceto na condição de 75 dBA, foi significativamente melhor usando o microfone remoto em comparação ao desempenho apenas com o processador de fala. O desempenho foi significativamente pior à medida que o nível de ruído aumentou. A utilização do microfone remoto proporcionou reconhecimento de fala superior no silêncio e no ruído quando comparado ao desempenho obtido apenas com o processador de fala.

A literatura⁽²⁶⁾, reconhecendo que usuários de IC apresentam dificuldade em situações de ruído e podem até apresentar alterações de atenção seletiva, comparou o desempenho de fala em situações de ruído em usuários de IC utilizando dois tipos de conectividade sem fio: o sistema de frequência modulada (FM) com acessório Roger Inspiro com receptor Euro e o acessório Cochlear Wireless Mini Microphone (MM) que utiliza transmissão de 2,4 GHz por meio de uma antena embutida no processador de fala. Foram estudados onze adolescentes com idade média de 13 anos. Ambos os sistemas melhoraram o desempenho no reconhecimento de fala, embora o ganho tenha sido maior com o sistema MM (SRT = 4,76 dB) do que com o sistema Roger (SRT ou LRF = 3,01 dB). O uso de tecnologia assistiva superou os benefícios do algoritmo de redução de ruído do processador de fala.

Outro estudo⁽²⁴⁾ avaliou o efeito de microfones remotos sem fio (MR) nos escores de discriminação de fala no ruído em usuários de IC. Foram avaliadas 20 crianças usuárias de implante coclear unilateral com idade média de usuárias de IC há pelo menos um ano. O ruído foi avaliado por meio do teste Words in Noise (PNR) com relação sinal-ruído (SNR) constante de 0 dB, na presença e ausência de RM sem fio. Três alto-falantes foram colocados a uma distância de 1 m à frente da criança para apresentação do estímulo de fala. A pontuação média de discriminação de palavras no ruído na ausência de RM sem fio em todas as crianças foi de 34% (6,8 palavras em 20), com variação entre 15% e 50%, enquanto com o uso de RM a média foi de 65% (13 palavras em 20), variando entre 35% e 95%. A melhora significativa observada no reconhecimento de fala no ruído em todas as crianças usuárias de IC quando foi utilizado o RM sem fio, sugere a utilidade deste acessório em usuários de IC e a indicação de seu uso também em crianças.

Como o uso de microfones remotos ajuda a acessar uma fala clara, foi relatado que ele é útil mesmo em ambientes domésticos de bebês e crianças pequenas, independentemente de concordarmos e aceitarmos pagar o preço do efeito adverso da diminuição da experiência auditiva na localização e na figura. discriminação terrestre durante o desenvolvimento auditivo^(28,29).

Apesar de indivíduos com audição normal poderem tolerar ambientes com tempos de reverberação superiores a 1 segundo, a literatura relata que o desempenho para usuários de implante coclear diminui em situações de reverberação superiores a 0,3 segundos. Na verdade, o esforço auditivo pode não ser afetado pela reverberação em adolescentes e adultos jovens com audição normal⁽³⁰⁾, mas ocorre em deficientes auditivos⁽³¹⁾. De acordo com nossos resultados, os dispositivos auxiliares de escuta podem diminuir esse impacto para usuários de implante coclear.

CONCLUSÃO

Os sistemas de conectividade sem fio contribuem significativamente para o reconhecimento de fala, não apenas em situações de ruído de múltiplas fontes, mas também em ambientes reverberantes em usuários adultos de implante coclear.

REFERÊNCIAS

1. WHO: World Health Organization. World report on hearing [Internet]. Genebra: WHO; 2021 [citado em 2023 Nov 1]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-hearing>
2. Niparko JK, Tobey EA, Thal DJ, Eisenberg LS, Wang NY, Quittner AL, et al. Spoken language development in children following cochlear implantation. *JAMA*. 2010;303(15):1498-506. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2010.451>. PMID:20407059.
3. Lazard DS, Vincent C, Venail F, Van de Heyning P, Truy E, Sterkers O, et al. Pre-, per- and postoperative factors affecting performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: a new conceptual model over time. *PLoS One*. 2012;7(11):e48739. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0048739>. PMID:23152797.
4. Bento RF, Lima LRP Jr, Tsuji RK, Goffi-Gomez MVS, Lima DVSP, Brito R No. Tratado de implante coclear e próteses auditivas implantáveis. Rio de Janeiro: Thieme; 2015.
5. Eisenberg LS, Fisher LM, Johnson KC, Ganguly DH, Grace T, Niparko JK. Sentence recognition in quiet and noise by pediatric cochlear implant users: relationships to spoken language. *Otol Neurotol*. 2016;37(2):e75-81. <http://dx.doi.org/10.1097/MAO.0000000000000910>. PMID:26756159.
6. Firszt JB, Holden LK, Skinner MW, Tobey EA, Peterson A, Gaggli W, et al. Recognition of speech presented at soft to loud levels by adult cochlear implant recipients of three cochlear implant systems. *Ear Hear*. 2004;25(4):375-87. <http://dx.doi.org/10.1097/01.AUD.0000134552.22205.EE>. PMID:15292777.
7. Nascimento LT, Bevilacqua MC. Evaluation of speech perception in noise in cochlear implanted adults. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2005;71(4):432-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)31195-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1808-8694(15)31195-2). PMID:16446956.
8. Fitzpatrick EM, Séguin C, Schramm DR, Armstrong S, Chénier J. The benefits of remote microphone technology for adults with cochlear implants. *Ear Hear*. 2009;30(5):590-9. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181acfb70>. PMID:19561509.

9. Hazrati O, Loizou PC. The combined effects of reverberation and noise on speech intelligibility by cochlear implant listeners. *Int J Audiol*. 2012;51(6):437-43. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2012.658972>. PMID:22356300.
10. Reinhart PN, Souza PE. Intelligibility and clarity of reverberant speech: effects of wide dynamic range compression release time and working memory. *J Speech Lang Hear Res*. 2016;59(6):1543-54. http://dx.doi.org/10.1044/2016_JSLHR-H-15-0371. PMID:27997667.
11. Kressner AA, Westermann A, Buchholz JM. The impact of reverberation on speech intelligibility in cochlear implant recipients. *J Acoust Soc Am*. 2018;144(2):1113-22. <http://dx.doi.org/10.1121/1.5051640>. PMID:30180700.
12. Wolfe J, Morais M, Schafer E. Improving hearing performance for cochlear implant recipients with use of a digital, wireless, remote-microphone, audio-streaming accessory. *J Am Acad Audiol*. 2015;26(6):532-9. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.15005>. PMID:26134720.
13. Wolfe J, Schafer EC. Optimizing the benefit of sound processors coupled to personal FM systems. *J Am Acad Audiol*. 2008;19(8):585-94. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.19.8.2>. PMID:19323350.
14. Schafer EC, Wolfe J, Lawless T, Stout B. Effects of FM-receiver gain on speech-recognition performance of adults with cochlear implants. *Int J Audiol*. 2009;48(4):196-203. <http://dx.doi.org/10.1080/14992020802572635>. PMID:19363720.
15. De Ceulaer G, Swinnen F, Pascoal D, Philips B, Killian M, James C, et al. Conversion of adult Nucleus® 5 cochlear implant users to the Nucleus® 6 system. *Cochlear Implants Int*. 2015;16(4):222-32. <http://dx.doi.org/10.1179/1754762814Y.0000000097>. PMID:25284643.
16. Vroegop JL, Dingemans JG, Homans NC, Goedegebure A. Evaluation of a wireless remote microphone in bimodal cochlear implant recipients. *Int J Audiol*. 2017;56(9):643-9. <http://dx.doi.org/10.1080/14992027.2017.1308565>. PMID:28395552.
17. Harris RW, Goffi MVS, Pedalini MEB, Merrill A, Gygi MA. Psychometrically equivalent Brazilian Portuguese bisyllabic word recognition spoken by male and female talkers. *Pro Fono*. 2001;13(2):249-62.
18. Research Randomizer [Internet]. Middletown: Social Psychology Network; c1997-2024 [citado em 2023 Nov 1]. Disponível em: <https://randomizer.org/>
19. Goffi-Gomez MVS, Muniz L, Wiemes G, Onuki LC, Calonga L, Osterne FJ, et al. Contribution of noise reduction pre-processing and microphone directionality strategies in the speech recognition in noise in adult cochlear implant users. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2021;278(8):2823-8. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-020-06372-2>. PMID:32948894.
20. Hu Y, Kokkinakis K. Effects of early and late reflections on intelligibility of reverberated speech by cochlear implant listeners. *J Acoust Soc Am*. 2014;135(1):EL22-8. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4834455>. PMID:24437852.
21. De Ceulaer G, Bestel J, Mülder HE, Goldbeck F, De Varebeke SP, Govaerts PJ. Speech understanding in noise with the Roger Pen, Naida CI Q70 processor, and integrated Roger 17 receiver in a multi-talker network. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2016;273(5):1107-14. <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-015-3643-4>. PMID:25983309.
22. Jacob RTS, Alves TKM, Moret ALM, Moret M, Santos LG, Mondelli MFCG. Participation in regular classroom of student with hearing loss: frequency modulation system use. *CoDAS*. 2014;26(4):308-14. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/201420130027>. PMID:25211690.
23. Miranda-Gonzalez EC, Almeida K. Cross-cultural adaptation of the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) to Brazilian Portuguese. *Audiol Commun Res*. 2015;20(3):215-24. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312015000300001572>.
24. Mehrkian S, Bayat Z, Javanbakht J, Emamdjomeh H, Bakhshi E. Effect of wireless remote microphone application on speech discrimination in noise in children with cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2019;125:192-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.07.007>. PMID:31369931.
25. Ng EHN, Rudner M, Lunner T, Pedersen MS, Rönnberg J. Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for hearing-aid users. *Int J Audiol*. 2013;52(7):433-41. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2013.776181>. PMID:23550584.
26. Razza S, Zaccone M, Meli A, Cristofari E. Evaluation of speech reception threshold in noise in young Cochlear™ Nucleus (®) system 6 implant recipients using two different digital remote microphone technologies and a speech enhancement sound processing algorithm. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2017;103:71-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2017.10.002>. PMID:29224769.
27. Reinhart PN, Souza PE. Listener factors associated with individual susceptibility to reverberation. *J Am Acad Audiol*. 2018;29(1):73-82. <http://dx.doi.org/10.3766/jaaa.16168>. PMID:29309025.
28. Benítez-Barrera CR, Thompson EC, Anglely GP, Woynaroski T, Tharpe AM. Remote microphone system use at home: impact on child-directed speech. *J Speech Lang Hear Res*. 2019;62(6):2002-8. http://dx.doi.org/10.1044/2019_JSLHR-H-18-0325. PMID:31112670.
29. Curran M, Walker EA, Roush P, Spratford M. Using propensity score matching to address clinical questions: the impact of remote microphone systems on language outcomes in children who are hard of hearing. *J Speech Lang Hear Res*. 2019;62(3):564-76. http://dx.doi.org/10.1044/2018_JSLHR-L-ASTM-18-0238. PMID:30950736.
30. Picou EM, Gordon J, Ricketts TA. The effects of noise and reverberation on listening effort in adults with normal hearing. *Ear Hear*. 2016;37(1):1-13. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0000000000000222>. PMID:26372266.
31. Schepker H, Haeder K, Rennies J, Holube I. Perceived listening effort and speech intelligibility in reverberation and noise for hearing-impaired listeners. *Int J Audiol*. 2016;55(12):738-47. <http://dx.doi.org/10.1080/14992027.2016.1219774>. PMID:27627181.